

Publication number: DE10138110 (A1)

**Publication date:** 2002-03-21

**Inventor(s):** SAULER JUERGEN [DE]; FRANKE STEFFEN [GB];  
UNLAND STEFAN [DE]; TORNO OSKAR [DE]; HEINSTEIN  
AXEL [DE]; KLUTH CARSTEN [DE]; HAEMING WERNER  
[DE]; BAEUERLE MICHAEL [DE]

**Applicant(s):** BOSCH GMBH ROBERT [DE]

**Classification:**


- international: F02D35/00; F02P5/152; G01L23/22; F02D35/00;  
F02P5/152; G01L23/00; (IPC1-7): G01L23/22

- European: F02P5/152; F02P5/152D; G01L23/22B6

**Application number:** DE20011038110 20010803

**Priority number(s):** DE20011038110 20010803; DE20001040059 20000811;  
DE20001043363 20000902

**Also published as:**

 WO0214822 (A1)

US2004030486 (A1)

US7051711 (B2)

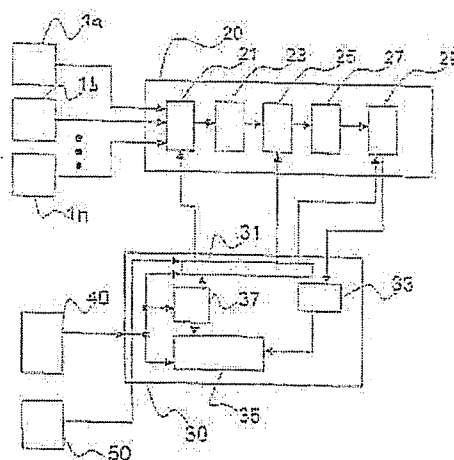
 KR20070116947 (A)

JP2004506847 (T)

more >>

### Abstract of DE 10138110 (A1)

The method involves changing a filter characteristic in an evaluation circuit when a knock detector output signal exceeds a reference value in a way that can be defined. During a phase in which a change in filter characteristic is taking place a modified knock detection method is implemented, whereby the knock detection threshold is made less sensitive and/or the reference level control is modified. Independent claims are also included for the following: an arrangement for knock detection in an internal combustion engine.



Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 38 110 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 01 L 23/22**

②① Aktenzeichen: 101 38 110.7  
②② Anmeldetag: 3. 8. 2001  
④③ Offenlegungstag: 21. 3. 2002

DE 101 38 110 A 1

⑥⑥ Innere Priorität:

100 40 059. 0 11. 08. 2000  
100 43 363. 4 02. 09. 2000

⑦① Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

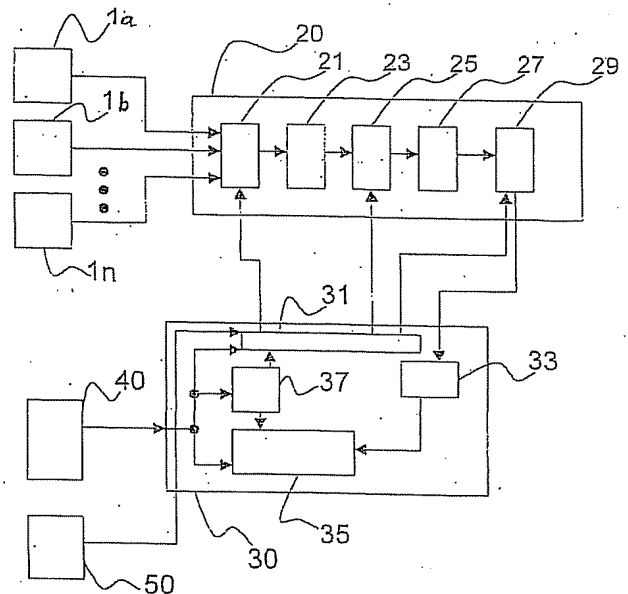
⑦② Erfinder:

Sauler, Jürgen, 70192 Stuttgart, DE; Franke, Steffen, Denham, Uxbridge, Middlesex, GB; Unland, Stefan, 71665 Vaihingen, DE; Torno, Oskar, 71701 Schwieberdingen, DE; Heinsteins, Axel, 71299 Wimsheim, DE; Kluth, Carsten, 70469 Stuttgart, DE; Haeming, Werner, 74861 Neudenau, DE; Baeuerle, Michael, 71706 Markgröningen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ Verfahren zur Klopfkennung bei Brennkraftmaschinen

⑤⑦ Es werden Vorrichtungen bzw. Verfahren zur Klopfkennung bzw. Klopfregelung beschrieben, bei denen die Klopfkennungsschaltung neben den üblichen Bauteilen ein Filter mit umschaltbarer Filtercharakteristik aufweist. Die Umschaltung der Filtercharakteristik bzw. die Verschiebung beispielsweise der Mittenfrequenz des Filters erfolgt unter Berücksichtigung vorgegebener Größen oder Parameter, beispielsweise drehzahlabhängig. Während der Umschaltung der Filtercharakteristik bzw. der Verschiebung der Mittenfrequenz können Probleme bei der Klopfkennung auftreten, es werden deshalb Maßnahmen vorgeschlagen, die während einer vorgebbaren Zeit dauernden Umschaltphase die Klopfkennung nach einem speziellen Klopfkennungsalgorithmus durchführen.



DE 101 38 110 A 1

**[0001]** Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Klopferkennung bei einer Brennkraftmaschine und einer entsprechenden Vorrichtung nach der Gattung der Hauptansprüche.

**[0002]** Es ist bekannt, dass bei einer Brennkraftmaschine mit einer Klopfregelung ein Klopferkennungsverfahren durchgeführt wird, in dem der vom Klopfsensor oder von den Klopfsensoren aufgenommene und in ein elektrisches Signal transformierte Körperschall in einer Signalverarbeitungseinrichtung verarbeitet wird. Die Signalverarbeitungseinrichtung, die beispielsweise im Steuergerät der Brennkraftmaschine vorhanden ist, führt eine digitale oder analoge Signalaufbereitung durch. Ein wesentlicher Bestandteil der Signalaufbereitung bzw. der zugehörigen Auswerteschaltung ist ein Bandpaßfilter. Die Charakteristik des Bandpaßfilters, also seine Mittenfrequenz, Güte usw. muß dabei so ausgelegt werden, dass der energetische Schwerpunkt der Klopf Frequenzen im Durchlassbereich liegt, während die Frequenzen von Störgeräuschen nach Möglichkeit außerhalb des Durchlassbereiches liegen sollten. Damit werden die Störgeräusche im wesentlichen unterdrückt.

**[0003]** Bei modernen Motoren bzw. Brennkraftmaschinen mit einer Vielzahl von Nebenaggregaten und Aktuatoren zeigen die Frequenzen der Störgeräusche ggf. eine starke Drehzahlabhängigkeit. Um eine gute Klopferkennung über das gesamte Drehzahlband gewährleisten zu können, wird daher bei solchen Motoren bzw. Brennkraftmaschinen mit einer drehzahlabhängigen Filtercharakteristik gearbeitet. Eine Einrichtung, die die vorstehend beschriebenen Klopferkennung durchführt, wird in der Druckschrift EP 0 576 650 B1 beschrieben.

**[0004]** Die aus der EP 0 576 650 bekannte Einrichtung zur Klopferkennung umfaßt in ihrem Signalverarbeitungszweig unter anderem ein Bandpaßfilter, dessen Mittenfrequenz abhängig von der Motordrehzahl veränderbar ist. Die Mittenfrequenz wird dabei so gelegt, dass die vom Klopfen verursachten Signalanteile möglichst wenig gefiltert werden, während die Hintergrund- bzw. Störsignale möglichst gut ausgefiltert werden. Da sich die Frequenzen drehzahlabhängig verschieben können, wird ein Bandpaßfilter mit änderbarer Mittenfrequenz eingesetzt. Klopfen wird bei der bekannten Einrichtung in üblicher Weise erkannt, wenn sich ein Integralwert, der aus klopf typischen Signalanteilen gebildet wird, in vorgegebener Weise von einem von den Hintergrundsignalen abhängigen Wert unterscheidet.

**[0005]** Mit einer Änderung der Filtercharakteristik ändert sich im allgemeinen auch das gefilterte Signal, welches ein Maß für das Geräusch der Verbrennung darstellt. Da die Klopferkennung über die Bildung des Verhältnisses  $\text{virkr}$  aus dem Geräusch bzw. dem sogenannten Klopffintegral  $\text{ikr}$  der aktuellen Verbrennung und dem über mehrere vergangene Verbrennungen des selben Zylinders gemittelten Geräusch, dem sog. Referenzpegel  $\text{rkr}$  erfolgt, können Probleme bei der Umschaltung der Filtercharakteristik auftreten. Überschreitet der Wert von  $\text{virkr} = \text{ikr}/\text{rkr}(\text{old})$  die Klopferkennungsschwelle  $\text{ke}$ , so wird auf Klopfen erkannt, d. h. bei  $\text{ikr} > \text{rkr}(\text{old}) \cdot \text{ke}$  wird Klopfen erkannt.

**[0006]** Die Referenzpegelberechnung erfolgt üblicherweise im klopf freien Betrieb rekursiv gemäß folgender Formel oder einer ähnlichen Formel und wird beispielsweise in der DE-P 195 45 649.1 beschrieben. Es gilt dabei:

$$\text{rkr}(\text{new}) = (1 - 1/\text{KRFTP}) \cdot \text{rkr}(\text{old}) + 1/\text{KRFTP} \cdot \text{ikr}.$$

**[0007]** Der Faktor KRFTP wird dabei als sogenannter Nachführfaktor bezeichnet.

**[0008]** Erfolgt von einer zur nächsten Verbrennung eine Änderung der Filtercharakteristik, d. h. wird beispielsweise die Mittenfrequenz des Filters an neue bzw. geänderte Gegebenheiten angepaßt, dann erfährt das aktuelle Verbrennungsgeräusch bzw. das Klopffintegral  $\text{ikr}$  eine ggf. deutliche Änderung, während der Referenzpegel  $\text{rkr}$  diese Änderung nur langsam erfährt bzw. nur langsam nachgeführt wird. Besteht die Änderung von  $\text{ikr}$  insbesondere in einer deutlichen Erhöhung, kann es zu einer sog. Fehlerkennung von Klopfen kommen, dass heißt eine nichtklopfende Verbrennung wird fälschlicherweise als klopfend erkannt. Damit werden Änderungen des Zündwinkels veranlaßt, die eigentlich unnötig sind. Als Ergebnis dieser ersten Fehlerkennung kann es zu weiteren Fehlererkennungen kommen, da das für eine klopfenden Verbrennung gemessene Klopffintegral  $\text{ikr}$  nicht vollständig in den Referenzpegel  $\text{rkr}$  eingerechnet wird, sondern sofort durch den Faktor  $\text{ke}$  geteilt wird, um einen Anstieg von  $\text{rkr}$  durch das vermeintliche Klopffgeräusch zu vermeiden. Die Berechnung erfolgt nach der Formel:

$$\text{rkr}(\text{new}) = (1 - 1/\text{KRFTP}) \cdot \text{rkr}(\text{old}) + 1/\text{KRFTP} \cdot (\text{ikr}/\text{ke}).$$

**[0009]** Umgekehrt wird die Klopferkennung bei einer deutlichen Verminderung des Verbrennungsgeräusches für eine bestimmte Zeit taub, d. h. klopfende Verbrennungen werden ggf. nicht erkannt. Die Änderung der Filtercharakteristik führt daher zu einer zeitlich begrenzten Unsicherheit in der Klopferkennung. Außerdem führt jede Fehlerkennung von Klopfen zu einer unnötigen Zündwinkelspätverstellung und damit zu entsprechender Einbuße von Leistung und Wirkungsgrad. Andererseits bewirkt die Nichterkennung von klopfenden Verbrennungen einen erhöhten Motorverschleiß.

#### Aufgabe der Erfindung

**[0010]** Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, die Sicherheit bei der Klopferkennung während der Umschaltphase der Filtercharakteristik zu erhöhen. Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur Klopferkennung mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Diese Merkmale umfassen einen Algorithmus zur Referenzpegelberechnung, der so definiert ist, dass das Problem der Fehlerkennung bzw. Nichterkennung in der Umschaltphase der Filtercharakteristik minimiert wird und gleichzeitig nach wie vor eine Erkennung tatsächlicher Klopfen ermöglicht wird. Erfindungsgemäß werden dabei zwei Maßnahmen für die vorbestimmbare Dauer der Umschaltphase vorgeschlagen, die einerseits zu einer Referenzpegelnachführung durch Wahl eines kleineren Referenzpegelnachführfaktors KRFTP führen. Somit werden Änderungen des Grundgeräusches der Brennkraftmaschine bzw. des Motors schneller erfaßt. Andererseits wird bei einer Umschaltung der Filtercharakteristik, die zu einem größeren Grundgeräusch führt, die Klopferkennungsschwelle  $\text{ke}$  mit einem Faktor  $\text{FKEFMU1} > 1$  korrigiert, d. h. die Klopferkennung wird unempfindlicher, um Fehlererkennungen zu vermeiden.

**[0011]** Entsprechend erfolgt eine Korrektur mit  $\text{FKEFMU2} < 1$  bei einer Umschaltung, die zu einem kleineren Grundgeräusch führt. Damit wird weiterhin eine sichere Klopferkennung gewährleistet.

#### Vorteile der Erfindung

**[0012]** Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung mit den Merkmalen der unabhängigen

gigen Ansprüche hat den Vorteil, dass auch während der Umschaltphase des Filters, also während der Änderung der Filtercharakteristik Fehlererkennungen von Klopfen zuverlässig vermieden werden. Gleichzeitig wird Klopfen auch in dieser Phase sicher erkannt. Erzielt wird dieser Vorteil, indem während der Umschaltphase ein modifiziertes Klopfenerkennungsverfahren durchgeführt wird, bei dem die Klopfenerkennungsschwelle unempfindlicher geschaltet wird und/oder die Referenzpegelnachführung modifiziert wird.

**[0013]** Weitere Vorteile der Erfindung werden durch die in den Unteransprüchen angegebenen Maßnahmen erzielt. In vorteilhafter Weise wird dabei für die Umschaltphase eine vorgebbare Zeitdauer angenommen, deren Ablauf beispielsweise mittels eines Zählers bestimmt wird.

**[0014]** Die für die modifizierte Klopfenerkennung benötigten Werte für die Klopfenerkennungsschwellen und/oder für die Referenzpegelnachführung werden vorteilhafterweise mit Hilfe geeigneter Faktoren, mit denen die üblichen Werte beaufschlagt werden, gebildet.

**[0015]** Weitere Vorteile der in den Unteransprüchen beanspruchten Lösungen sind darin zu sehen, dass unterschiedliche Entfernungen der Klopfensensoren zu den einzelnen Zylindern berücksichtigt werden, da aufgrund der unterschiedlichen Entfernungen der Klopfensensoren zu den einzelnen Zylindern Frequenzverschiebungen der Signale, die aufgrund einer Verbrennung in den Zylindern entstehen, und der Störsignale auftreten. Des weiteren wird berücksichtigt, dass bei unterschiedlichen Drehzahlen eine Frequenzverschiebung der Signale aus der Verbrennung und der Störsignale stattfindet, so dass auch hier der optimale Frequenzbereich beobachtet wird und entsprechend die Klopfenerkennung optimal durchgeführt werden kann.

**[0016]** Besonders vorteilhaft ist dabei, dass bei einer Verschiebung der Mittenfrequenz des Bandpassfilters der Durchlassbereich zylinderindividuell und/oder drehzahlabhängig verändert wird. Ebenfalls erfolgt eine einfache Veränderung des Durchlassbereichs des Bandpassfilters dadurch, dass die obere und/oder die untere Eckfrequenz des Durchlassbereichs verschoben wird. Ein vorteilhaftes schnelles Auslesen der Mittenfrequenz oder der unteren Eckfrequenz oder der oberen Eckfrequenz des Durchlassbereichs geschieht dadurch, dass die Mittenfrequenz und/oder die untere Eckfrequenz und/oder die obere Eckfrequenz aus einem jeweiligen Kennfeld gelesen wird, wobei die Werte des Kennfelds Werten der Drehzahl und/oder dem jeweiligen Zylinder zugeordnet sind.

**[0017]** Es ist weiterhin vorteilhaft, die Klopfenerkennungsschwelle und/oder einen zylinderindividuellen Referenzwert für das integrierte Kopfsignal bei der Änderung des Durchlassbereichs des Bandpassfilters so schnell wie möglich anzupassen. Hierzu ist es vorteilhaft, sowohl die Klopfenerkennungsschwelle als auch einen Nachführfaktor des zylinderindividuellen Referenzwerts des integrierten Kopfsignals bei Änderung des Durchlassbereichs jeweils mit einem Korrekturfaktor zu multiplizieren, so dass eine schnelle Anpassung der Klopfenerkennung an die zu erwartenden geänderten integrierten Klopfsignale erfolgt.

**[0018]** Die beanspruchten Verfahren zur Klopfenerkennung laufen vorteilhafterweise im Prozessor eines für die Regelung der Brennkraftmaschine eingesetzten Steuergerätes ab, wobei des Steuergerät selbstverständlich alle Mittel wie Speicher, Verbindungen usw. umfaßt, die für die Berechnungen erforderlich sind und alle benötigten Informationen erhält und nach der Klopfenerkennung die erforderlichen Gegenmaßnahmen zur Klopfverhinderungen einleitet.

**[0019]** Weitere vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen sind der nachfolgenden Beschreibung zu entnehmen.

## Zeichnung

**[0020]** Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den **Fig. 1, 2 und 3** dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Dabei zeigt **Fig. 1** eine erste erfindungsgemäße Anordnung zur Klopfenerkennung und **Fig. 3** zeigt eine zweite erfindungsgemäße Anordnung, in der das erfindungsgemäße Verfahren nach **Fig. 2** abläuft.

## Beschreibung

**[0021]** In der **Fig. 1** ist eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Klopfenerkennung einer Brennkraftmaschine dargestellt, die im Weiteren beschrieben wird. Diese erfindungsgemäße Vorrichtung ist in der Lage, das erfindungsgemäße Verfahren zur Klopfenerkennung für eine Brennkraftmaschine durchzuführen.

**[0022]** Mittels der Klopfensensoren **1a, 1b bis 1n** ist es möglich, Signale, die aufgrund der in den Zylindern der Brennkraftmaschine (hier nicht dargestellt) stattfindenden Verbrennung entstehen, zu erfassen. Dabei können die Klopfensensoren sowohl Signale aus dem Brennraum der Zylinder als auch Signale in der Nähe der Zylinder erfassen, wobei sie sowohl im Brennraum als auch außerhalb des Brennraums angeordnet sein können. Derartige Sensoren sind beispielsweise Druckaufnehmer für den Brennraumdruck, eine Ionenstromerfassungen, ein Beschleunigungsaufnehmer, optische Sensoren, Mikrofone oder piezokeramische Sensoren, die beispielsweise in der Zylinderkopfschraube, der Schraube am Kurbelwellen-Hauptlager, der Zündkerze, in der Zylinderkopfdichtung oder am Motorblock angebracht sind. In den meisten heute hergestellten Brennkraftmaschinen sind mehrere Klopfensensoren gleicher Art vorgesehen, wobei es jedoch auch möglich ist, lediglich einen Klopfensor vorzusehen. Eine Kombination verschiedener Klopfensensorarten ist ebenfalls denkbar.

**[0023]** Die von den Klopfensensoren **1a, 1b, . . . 1n** erfassten Vibrationen werden als elektrische Signale abgegeben und an eine Auswerteschaltung **20** weitergeleitet. In der Auswerteschaltung **20** ist zunächst ein Multiplexer **21** vorgesehen, an den die Signale der einzelnen Klopfensensoren **11, 12, . . . 1n** weiter geleitet werden. Dabei wird, abhängig von jeweiligen Zylinder, bei dem aktuell eine Verbrennung stattfindet und somit auch eine Klopfsignal zu erwarten ist, das Signal eines bestimmten, festlegbaren Klopfensensors **1a, 1b, . . . 1n** durch den Multiplexer **21** ausgewählt. Diese Auswahl wird durch die Ansteuereinheit **31** des Mikrocomputers **30** gesteuert, die mit dem Multiplexer **21** verbunden ist. Das Ausgangssignal des Multiplexers **21** wird anschließend in der Auswerteschaltung **20** an einen Verstärker **23** weiter gegeben und dort entsprechend der Anforderungen der weiteren Auswertung verstärkt. Dieses verstärkte Signal wird anschließend an einen Bandpassfilter **25** weitergegeben, der ein bestimmtes Frequenzband aus dem verstärkten Signal selektiert. Dabei wird durch den Bandpassfilter **25** ein Frequenzband ausgewählt, in dem für das Klopfen charakteristische Frequenzen liegen. Durch diese Bandpassfilterung können Störsignale, die in einem anderen Bereich liegen, effektiv ausgeblendet werden.

**[0024]** Das bandpassgefilterte Signal wird von dem Bandpassfilter **25** an den Gleichrichter **27** weitergegeben und in dem Gleichrichter **27** gleichgerichtet. Das gleichgerichtete Signal wird anschließend mittels eines Integrators **29** integriert, so dass nun ein Signal zur Verfügung steht, das charakteristisch für die Intensität des Klopfens in einem bestimmten Zylinder der Brennkraftmaschine ist. Dabei wird die Integration des vom Gleichrichter übertragenen Signals nur während eines bestimmten Zeitfensters vorgenommen,

wobei das Zeitfenster, das auch Messfenster genannt wird, eine Zeitspanne umfasst, die charakteristisch für das Auftreten von Klopfsignalen ist. Durch die Auswahl des Zeitfensters können analog zur Auswahl des Frequenzbands Störsignale ausgeblendet werden. Das Zeitfenster wird dabei von der Ansteuereinheit 31 des Mikrocomputers 30 vorgegeben, wobei die Ansteuereinheit 31 mit dem Integrator 29 verbunden ist.

[0025] Das in der Auswerteschaltung 20 erhaltene integrierte Signal, im Weiteren auch Klopfsignal genannt, wird anschließend an einen Mikrocomputer 30 weitergegeben, wobei es zunächst mittels eines Analog-/Digitalwandlers (A/D Wandler) 33 in ein digitales Signal umgewandelt wird. Das digitale Signal wird weitergeleitet zu einer Klopfkennungseinheit 35, die ebenfalls im Mikrocomputer 30 enthalten ist. In der Klopfkennungseinheit 35 wird das digitalisierte Klopfsignal mit einem Klopfkennungsschwellwert verglichen. Dabei erhält die Klopfkennungseinheit 35 die Klopfkennungsschwelle aus einer Speichereinheit 37, die ebenfalls im Mikrocomputer 30 enthalten ist. In einem einfachen Ausführungsbeispiel wird dann ein Klopfen durch die Klopfkennungseinheit 35 erkannt, wenn das digitalisierte Klopfsignal die Klopfkennungsschwelle überschreitet. Wird die Klopfkennungsschwelle nicht überschritten, so erkennt die Klopfkennungseinheit 35, dass kein Klopfen aufgetreten ist.

[0026] In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel wird das aktuelle digitalisierte Klopfsignal  $U_{INT,aktuell}$  mit einem Referenzwert  $U_{REF,alt}$  des jeweiligen aktuellen Zylinders verglichen. Der Vergleich beinhaltet die Ermittlung einer relativen Klopfintensität RKI, die sich als Quotient aus dem aktuellen Klopfsignal und dem zylinderindividuellen Referenzwert ergibt:

$$RKI = \frac{U_{INT,aktuell}}{U_{REF,alt}}.$$

[0027] Die relative Klopfintensität RKI wird anschließend in der Klopfkennungseinheit 35 mit einem Klopfkennungsschwellwert verglichen. Auch in diesem Ausführungsbeispiel wird der Klopfkennungsschwellwert wiederum durch die Speichereinheit 37 bereitgestellt. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird dabei durch die Speichereinheit 37 ein zylinderindividueller Klopfkennungsschwellwert für den aktuellen Zylinder bereitgestellt.

[0028] In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel wird der zylinderindividuelle Referenzwert  $U_{REF,alt}$ , der zur Berechnung der relativen Klopfintensität RKI benötigt wird, laufend an den aktuellen Betriebszustand der Brennkraftmaschine angepasst. Dies geschieht mit Hilfe eines Nachführfaktors N, mit dessen Hilfe ein neuer zylinderindividueller Referenzwert  $U_{REF,neu}$  berechnet wird, in dem das aktuelle Klopfsignal  $U_{INT,aktuell}$  berücksichtigt wird. Die Berechnung des neuen zylinderindividuellen Referenzwerts  $U_{REF,neu}$  erfolgt vorzugsweise mittels folgender Gleichung:

$$U_{REF,neu} = \frac{N-1}{N} \times U_{REF,alt} + \frac{1}{N} \times U_{INT,aktuell}.$$

[0029] Um zu erkennen, in welchem Zylinder der Brennkraftmaschine gerade eine Verbrennung stattfindet, d. h. ein Klopfen auftreten kann, ist in der Brennkraftmaschine eine Zylindererkennungseinheit 90 vorgesehen, mit deren Hilfe erkannt werden kann, in welchem Zylinder gerade eine Verbrennung stattfindet. Die Zylindererkennung und -zuordnung erfolgt vorzugsweise anhand von Kurbelwellengebern oder Nockenwellengebern. Die von der Zylindererken-

nungseinheit 40 ermittelten Informationen über den Zylinder, bei dem aktuell ein Verbrennungsvorgang stattfindet, werden sowohl an die Klopfkennungseinheit 35 als auch an die Speichereinheit 37 und einer, ebenfalls in Mikrocomputer 30 enthaltenen Ansteuereinheit für die Auswerteschaltung 31 weitergegeben. In der Klopfkennungseinheit 35 werden die Informationen über den aktuellen Zylinder dazu benötigt, den zylinderindividuellen Referenzwert zur Berechnung der relativen Klopfintensität RKI bereitzustellen.

In der Speichereinheit 37 werden die Informationen über den aktuellen Zylinder dazu benutzt, die dem aktuellen Zylinder entsprechende Klopfkennungsschwelle an die Klopfkennungseinheit 35 weiterzugeben.

[0030] In der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Klopfkennung ist es möglich, mittels der Ansteuereinheit für die Auswerteschaltung 31 den Bandpassfilter 25 derart zu steuern, dass der Durchlassbereich des Bandpassfilters verändert wird. Dazu ist die Ansteuereinheit für die Auswerteschaltung 31 mit dem Bandpassfilter 25 der Auswerteschaltung 20 verbunden. In einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung kann dabei der Durchlassbereich des Bandpassfilters 25 zylinderindividuell verändert werden. Dies ist deshalb sinnvoll, da die Klopfensensoren sich in verschiedenen Abständen von den Zylindern der Brennkraftmaschine befinden. Des weiteren können die Zylinder bauliche Unterschiede aufweisen, die dazu führen, dass der für Klopfvorgänge charakteristische Frequenzbereich je nach Zylinder unterschiedlich ist. Die Information über den aktuellen Zylinder erhält die Ansteuereinheit 31 dabei von der Zylindererkennungseinheit 40.

[0031] In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist weiterhin ein Drehzahlsensor 50 vorgesehen, der die aktuelle Drehzahl der Brennkraftmaschine misst. Vorzugsweise werden zur Messung der Drehzahl Sensoren, die an der Kurbelwelle angebracht sind, genutzt. Die Information über die Drehzahl wird vom Drehzahlsensor 50 an die Ansteuereinheit 31 für die Auswerteschaltung weitergegeben. Die Ansteuereinheit 31 nutzt diese Information und ändert abhängig von der Drehzahl den Durchlassbereich des Bandpassfilters 25. Eine Änderung des Durchlassbereichs des Bandpassfilters 25 wird analog zu dem vorangehenden Ausführungsbeispiel über eine Verbindung zwischen der Ansteuereinheit 31 und dem Bandpassfilter 25 vorgenommen.

[0032] Um den Durchlassbereich des Bandpassfilters 25 zu ändern, kann in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel durch die Ansteuereinheit 31 die Mittenfrequenz des Bandpassfilters 25 geändert werden. In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel kann die untere Eckfrequenz des Bandpassfilters und/oder die obere Eckfrequenz des Bandpassfilters geändert werden. Dabei wird als Mittenfrequenz die Resonanzfrequenz des Bandpassfilters bezeichnet. Als untere bzw. untere Eckfrequenz des Bandpassfilters wird die Frequenz bezeichnet, unterhalb bzw. oberhalb der eine so hohe Dämpfung des Signals erfolgt, so dass das Signal dort eine vernachlässigbare Intensität aufweist. Beispielsweise kann hierzu die Frequenz herangezogen werden, bei der die Dämpfung 3 dB beträgt. Abhängig von der Filterart können diese Eckfrequenzen jedoch auch anders definiert sein. In einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel ist dabei die Mittenfrequenz und/oder die untere Eckfrequenz und/oder die obere Eckfrequenz in der Speichereinheit 37 in jeweils einem Kennfeld enthalten, wobei die Werte jeweils Bereichen der Drehzahl und/oder der Zylinder Nummer zugeordnet sind. Zum Auslesen der Mittenfrequenz und/oder der unteren Eckfrequenz und/oder der oberen Eckfrequenz ist die Speichereinheit 37 mit der Ansteuereinheit 31 verbunden.

[0033] In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird bei einer Veränderung des Durchlassbereichs des Bandpassfilters die Klopfkennung schnell an diese Veränderung angepasst. Hierzu wird in einem ersten Ausführungsbeispiel die in der Speichereinheit 37 enthaltene Klopfkennungsschwelle bei Änderung des Durchlassbereichs des Bandpassfilters mit einem Schwellwert-Korrekturfaktor multipliziert, der ebenfalls in der Speichereinheit 37 enthalten ist. Die so korrigierte Klopfkennungsschwelle wird dann mit der relativen Klopfintensität RKI in der Klopfkennungseinheit 35 verglichen. Die Korrektur der Klopfkennungsschwelle ist deshalb vorteilhaft, da mit einer Änderung des bei der Klopfkennung erfassten Frequenzbereichs ein geändertes Klopfsignal  $U_{INT,aktuell}$  und somit eine geänderte relative Klopfintensität RKI ermittelt wird. Diese Änderung wird erst nach einigen Schritten durch die Anpassung des zylinderindividuellen Referenzwerts  $U_{REF,alt}$  ausgeglichen. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann ein derartiger Schwellwert-Korrekturfaktor applizierbar vorgegeben werden, wobei in einem weiteren Ausführungsbeispiel auch ein zylinderindividueller Schwellwert-Korrekturfaktor vorgesehen werden kann. Dabei ist in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel die in der Speichereinheit 37 enthaltene zylinderindividuelle Klopfkennungsschwelle zusätzlich abhängig von Last und Drehzahl und wird vorzugsweise aus einem in der Speichereinheit 37 enthaltenen Kennfeld, das abhängig von Last, Drehzahl und/oder Zylinder Nummer ist.

[0034] In einem weiteren, bevorzugten Ausführungsbeispiel ist ebenfalls für den Nachführfaktor N in der Speichereinheit 37 ein Nachführ-Korrekturfaktor vorgesehen, der mit dem Nachführfaktor N multipliziert wird. Ein derartiger korrigierter Nachführfaktor  $N_{KORR}$  wird bei einer Veränderung des Durchlassbereichs des Bandpassfilters statt des Nachführfaktors N benutzt, um einen zylinderindividuellen Referenzwert  $U_{REF,neu}$  zu berechnen. Anhand des korrigierten Nachführfaktors  $N_{KORR}$  ist es möglich, bei der Berechnung eines neuen zylinderindividuellen Referenzwertes das aktuelle integrierte Klopfsignal stärker bei der Berechnung zu berücksichtigen. Die Klopfkennung wird so schnell an die veränderten Bedingungen durch die Veränderung des Durchlassbereichs des Bandpassfilters angepasst. Der Nachführ-Korrekturfaktor ist in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel zylinderindividuell und applizierbar.

[0035] In Fig. 2 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt, bei dem das folgende erfindungsgemäße Verfahren, beispielsweise im Rechner des Steuergerätes einer Brennkraftmaschine abläuft:

Wird bei einer Klopfkennungseinrichtung, die ein umschaltbares Filter, insbesondere Bandpaßfilter aufweist, und beispielsweise aus der EP 0 576 560 B1 bekannt ist, im Schritt SCH1 eine Änderung der Filtercharakteristik festgestellt, werden im Schritt SCH2 ein Arbeitsspielzähler auf einen applizierbaren Startwert und der Referenzpegelnachführfaktor KRFTP auf den (kleineren) Wert KRFTPO gesetzt. Die Definition des Referenzpegelnachführungsfaktors kann der genannten Druckschrift entnommen werden. Der Arbeitsspielzähler bestimmt dabei die Dauer der Umschaltphase. Im Schritt SCH3 wird bestimmt, ob die Änderung der Filtercharakteristik zu einer Erhöhung oder Verminderung des Motorgrundgeräusches bzw. des Grundgeräusches der Brennkraftmaschine führen wird. Entsprechend wird in den Schritten SCH4.1 bzw. SCH4.2 der Korrekturfaktor FK für die Klopfkennungsschwelle KE auf einen Wert  $FKEFMU1 > 1$  bzw.  $FKEFMU2 < 1$  gesetzt.

[0036] In den Schritten SCH5 und SCH6 wird ggf. der Arbeitsspielzähler dekrementiert. Nach Beendigung der Umschaltphase, wenn im Schritt SCH7 erkannt wird, dass der

Arbeitsspielzähler auf Null steht bzw. den Wert 0 erreicht hat, werden die Maßnahmen rückgängig gemacht, das heißt der Klopfkennungsschwellenkorrekturfaktor FK wird auf 1 gesetzt und der Referenzpegelnachführfaktor KRFTP wird auf seinen Normalwert KRFTP1 gesetzt. Danach beginnt der Programmdurchlauf erneut.

[0037] Wird dabei im Schritt SCH1 keine Änderung der Filtercharakteristik erkannt, wird im Schritt SCH9 überprüft, ob eine Umschaltphase ausgelöst ist. Wird im Schritt SCH9 festgestellt, dass eine Umschaltphase aktiv ist, dass also in einem der vorhergehenden Durchläufe eine Umschaltphase ausgelöst wurde und der Arbeitsspielzähler  $> 0$  ist, wird mit Schritt SCH5 der Arbeitsspielzähler dekrementiert. Wird dagegen im Schritt SCH9 erkannt, dass der Arbeitsspielzähler nicht aktiv ist, beginnt das Programm erneut mit dem Schritt SCH1.

[0038] Die Abkürzungen in Fig. 1 bedeuten:

AS: Arbeitsspiel

FK: Korrekturfaktor für die Klopfkennungsschwelle

FKEFMU1: Korrekturfaktor für die Klopfkennungsschwelle bei zunehmendem Motorgeräusch, größer oder gleich 1

FKEFMU2: Korrekturfaktor für die Klopfkennungsschwelle bei abnehmendem Motorgeräusch, größer oder gleich 1

KRFTP: Referenzpegelnachführfaktor

KRFTPO: Referenzpegelnachführfaktor bei instationärem Motorgeräusch (Umschaltphase)

KRFTP1: Referenzpegelnachführfaktor bei stationärem Motorgeräusch (ohne Umschaltphase).

[0039] Die Dauer der Umschaltphase kann statt durch einen Arbeitsspielzähler z. B. auch durch einen Verbrennungszähler und Timer realisiert werden. KRFTPO kann beispielsweise auch aus der Multiplikation von KRFTP mit einem Korrekturfaktor bestimmt werden.

[0040] In Fig. 2 ist ein Beispiel für eine Klopfkennungseinrichtung bei einer Brennkraftmaschine dargestellt, mit der auch das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt werden kann. Dabei bezeichnet im einzelnen 10 einen Klopfsensor, der einem Zylinder der Brennkraftmaschine zugeordnet ist und die Geräusche im Zylinder bzw. die Geräusche der Brennkraftmaschine erfasst und ein von diesen Geräuschen abhängiges Ausgangssignal liefert. Die erfaßten Geräusche werden über einen regelbaren Verstärker 11 und einen Filter 12 einer Demodulationsschaltung 13 zugeführt.

[0041] Der Gleichrichter der Demodulationsschaltung 13 ist mit einem Integrator 15 verbunden. Durch die Regelung des Verstärkungsfaktors kann erreicht werden, dass der Referenzpegel des Ausgangssignales weitgehend konstant und unabhängig von der Motordrehzahl bleibt. Der Integrator 15 bildet während eines kurbelwellensynchronen Meßfensters, welches von einem Steuergerät 16 in Abhängigkeit vom Ausgangssignal eines Drehzahlgebers 17 gebildet wird, das Meßsignal  $i_{kr}$ . Das Meßsignal wird in einem Komparator 18 mit der vom Steuergerät vorgegebenen Klopfschwelle KS verglichen und das Ausgangssignal des Komparators 19 wird als Klopfkennungssignal verwendet. Vom Steuergerät 16 wird zur Klopfregelung ein Ausgangssignal an die Endstufe 20a geführt zur Auslösung der Zündung in dem betreffenden Zylinder.

[0042] Die Charakteristik des Filters 12 ist veränderbar.

[0043] Beispielsweise kann ein Bandpaßfilter beispielsweise durch geeignete Ansteuerimpulse vom Steuergerät 16 so umgeschaltet werden, dass vorgebbare Frequenzen im Durchlaßbereich liegen. Die Umschaltung bzw. die Frequenzänderung kann bspw. durch entsprechende Ansteuerimpulse vom Mikroprozessor des Steuergerätes 16 ausgelöst werden. Da insbesondere die auszublenkenden Hintergrund-

geräusche in ihren Frequenzen von der Drehzahl abhängen, wird die Filtercharakteristik drehzahlabhängig verändert bzw. umgeschaltet.

[0044] Die Filtereinrichtung, der Gleichrichter und der Integrator sowie gegebenenfalls weitere Komponenten können digital und/oder analog, also auch als Kombination von analogen und digitalen Elementen realisiert sein und im Steuergerät 16 einer Brennkraftmaschine, beispielsweise auch im Prozessor des Steuergerätes integriert sein. Die erforderlichen Verfahrensschritte laufen beispielsweise ebenfalls im Steuergerät 16 ab. Das Steuergerät 16, beispielsweise das übliche Steuergerät einer Brennkraftmaschine weist geeignete Prozessor- und Speichermittel zur Durchführung der erfindungsgemäßen Verfahren auf.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Klopferkennung bei einer Brennkraftmaschine, mit wenigstens einem Klopfsensor, dessen Ausgangssignal einer Auswerteschaltung, die wenigstens einen Filter aufweist, dessen Charakteristik änderbar ist, zugeführt wird und bei dem Klopfen erkannt wird, wenn das erfaßte und aufbereitete Ausgangssignal des Klopfensors einen Referenzwert, der sich in Abhängigkeit vom Geräusch der Brennkraftmaschine verändert, in vorgebbarer Weise überschreitet, **dadurch gekennzeichnet**, dass während einer Phase, während der eine Änderung der Filtercharakteristik erfolgt, ein modifiziertes Klopferkennungsverfahren durchgeführt wird, bei dem die Klopferschwelle unempfindlicher geschaltet wird und/oder die Referenzpegelnachführung modifiziert wird.
2. Verfahren zur Klopferkennung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für die Phase der Umschaltung eine vorgebbare Zeitdauer angenommen wird und während dieser Zeitdauer die modifizierte Klopferkennung durchgeführt wird.
3. Verfahren zur Klopferkennung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erkennung, ob die Umschaltphase bereits abgelaufen ist, ein Zähler dekrementiert wird, der insbesondere ein Arbeitsspielzähler ist.
4. Verfahren zur Klopferkennung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Korrekturfaktor FK für die Klopferschwelle KE während der Umschaltphase auf einen Wert  $FKEFMU1 > 1$  oder  $FKEFMU2 < 1$  gesetzt wird.
5. Verfahren zur Klopferkennung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Wert  $FKEFMU1 > 1$  gewählt wird, wenn die Umschaltung der Filtercharakteristik zu einer Erhöhung des Grundgeräusches führt und der Wert  $FKEFMU2 < 1$  gewählt wird, wenn die Umschaltung der Filtercharakteristik zu einer Verkleinerung des Grundgeräusches führt.
6. Verfahren zur Klopferkennung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Referenzpegelnachführung während der Umschaltphase durch Wahl eines Referenzpegelnachföhrfaktors KRFTP0 modifiziert wird, der kleiner ist als der Referenzpegelnachföhrfaktor KRFTP1 ausserhalb der Umschaltphase.
7. Vorrichtung zur Klopferkennung bei einer Brennkraftmaschine, mit wenigstens einem Klopfsensor, der mit einer Auswerteschaltung in Verbindung steht und wenigstens ein Filter umfaßt, dessen Charakteristik veränderbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung Mittel umfaßt zur Durchführung wenigstens eines der Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6

ausführt.

8. Verfahren zur Klopferkennung für eine Brennkraftmaschine mit mindestens einem Zylinder, wobei mit mindestens einem Klopfsensor (1a, 1b, . . . , 1n) Signale erfaßt werden, die aufgrund einer Verbrennung in dem mindestens einen Zylinder entstehen, wobei mittels einer Auswerteschaltung (20) die von dem mindestens einen Klopfensor erfaßten Signale ausgewertet werden, wobei mittels eines in der Auswerteschaltung integrierten Bandpassfilters (25) zur Auswertung der Signale ein Frequenzband der Signale ausgewählt wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchlassbereich des Bandpassfilters zylinderindividuell und/oder drehzahlabhängig verändert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittenfrequenz des Durchlassbereichs des Bandpassfilters zylinderindividuell und/oder drehzahlabhängig verändert wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die obere und/oder die untere Eckfrequenz des Durchlassbereichs des Bandpassfilters zylinderindividuell und/oder drehzahlabhängig verändert wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Filtermittenfrequenz und/oder die untere Eckfrequenz und/oder die obere Eckfrequenz in Abhängigkeit von der Drehzahl und/oder der Zylinder Nummer aus einem jeweiligen Kennfeld gelesen wird, das in einer Speichereinheit (37) des Mikrocomputers (30) gespeichert ist.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass bei Änderung des Durchlassbereichs des Bandpassfilters ein Klopferschwelle mit einem vorgebbaren Schwellwert-Korrekturfaktor multipliziert wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass ein Nachföhrfaktor (N) für die Anpassung eines Referenzwerts bei Änderung des Durchlassbereichs des Bandpassfilters mit einem vorgebbaren Referenzwert-Korrekturfaktor multipliziert wird.

14. Vorrichtung zur Klopferkennung für eine Brennkraftmaschine mit mindestens einem Zylinder, wobei mindestens ein Klopfsensor (1a, 1b, . . . , 1n) zur Erfassung von Signalen vorgesehen ist, die durch eine Verbrennung in dem mindestens einen Zylinder entstehen, wobei eine Auswerteschaltung (20) zur Auswertung der von dem mindestens einen Klopfensor erfaßten Signale vorgesehen ist, wobei in der Auswerteschaltung ein Bandpassfilter (25) vorgesehen ist, so dass zur Auswertung der Signale ein Frequenzband der Signale auswählbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass eine Ansteuereinheit (31) vorgesehen ist, so dass der Durchlassbereich des Bandpassfilters zylinderindividuell und/oder drehzahlabhängig veränderbar ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der Ansteuereinheit (31) die Mittenfrequenz des Durchlassbereichs des Bandpassfilters zylinderindividuell und/oder drehzahlabhängig veränderbar ist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der Ansteuereinheit (31) die obere und/oder die untere Eckfrequenz des Durchlassbereichs des Bandpassfilters zylinderindividuell und/oder drehzahlabhängig veränderbar ist.

17. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Mikrocomputer (30) eine Speichereinheit (37) vorgesehen ist, die die Mittenfrequenz und/oder die un-

tere Eckfrequenz und/oder die obere Eckfrequenz des Bandpassfilters in Abhängigkeit von der Drehzahl und/oder der Zylindernummer in jeweils einem Kennfeld enthält.

18. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Speichereinheit (37) einen Schwellwert-Korrekturfaktor enthält, der bei Änderung des Durchlassbereichs des Bandpassfilters mit einem Klopferkennungsschwellwert multiplizierbar ist. 5 10

19. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 14 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Speichereinheit (37) einen Referenzwert-Korrekturfaktor enthält, der mit dem Nachführfaktor (N) für einen Referenzwert bei Änderung des Durchlassbereichs des Bandpassfilters multiplizierbar ist. 15

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65



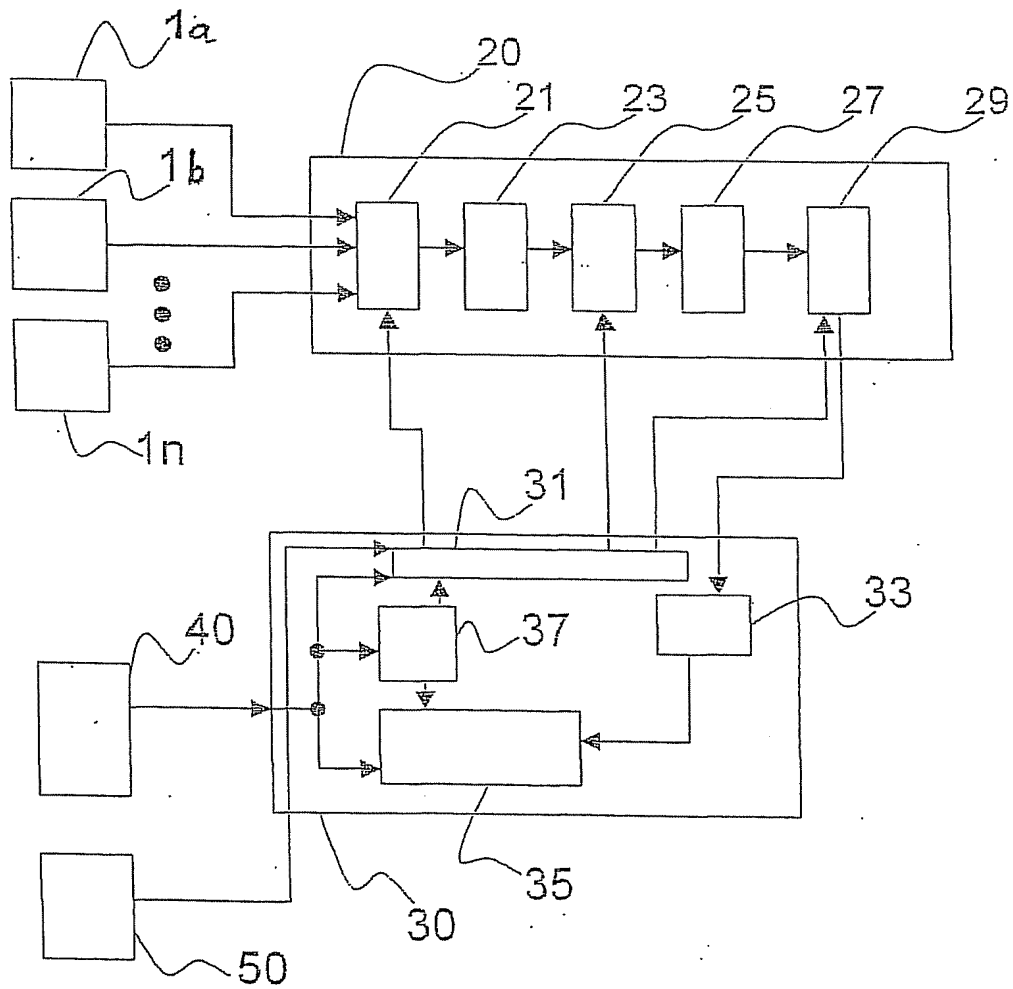


Fig. 1

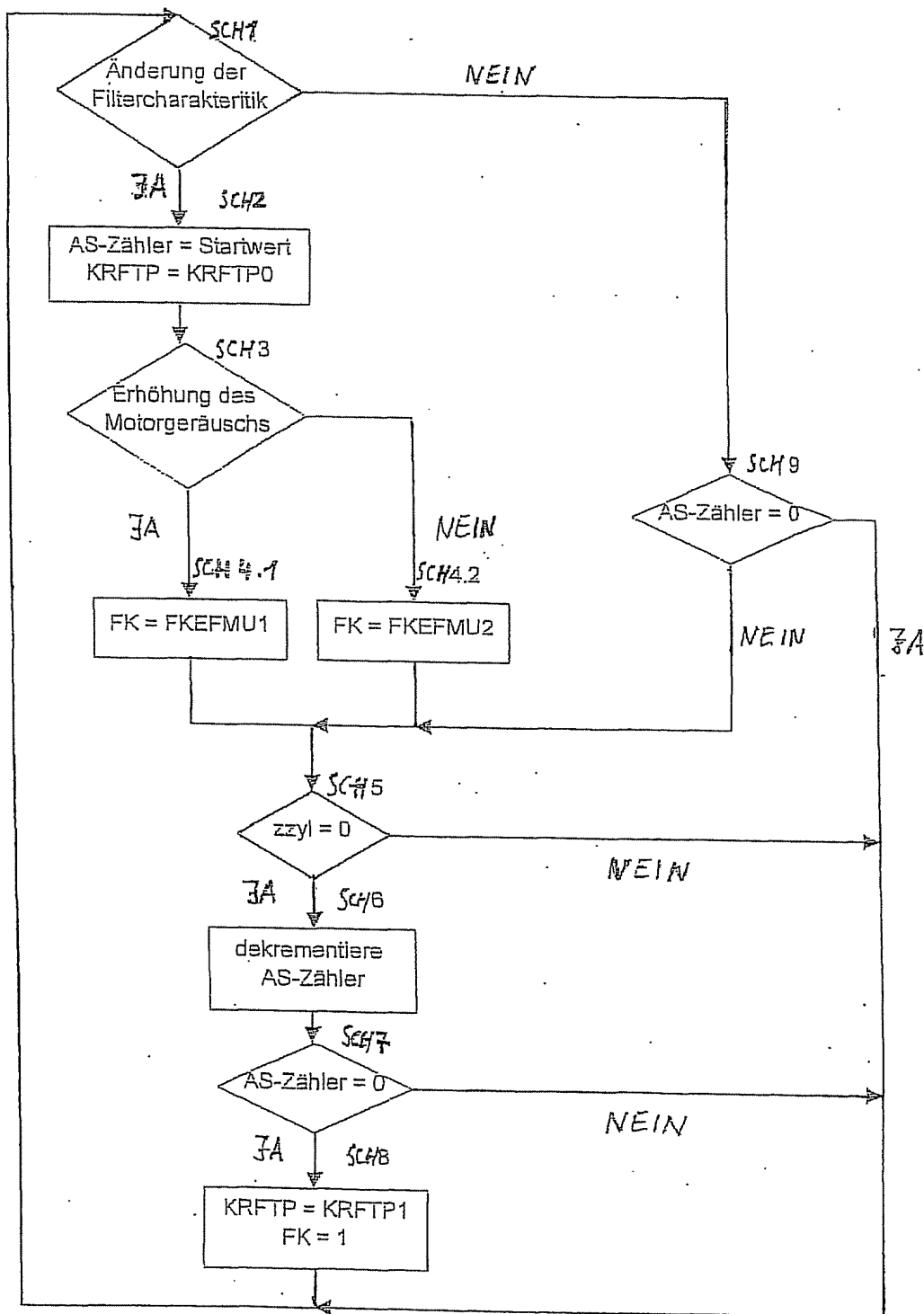


Fig 2

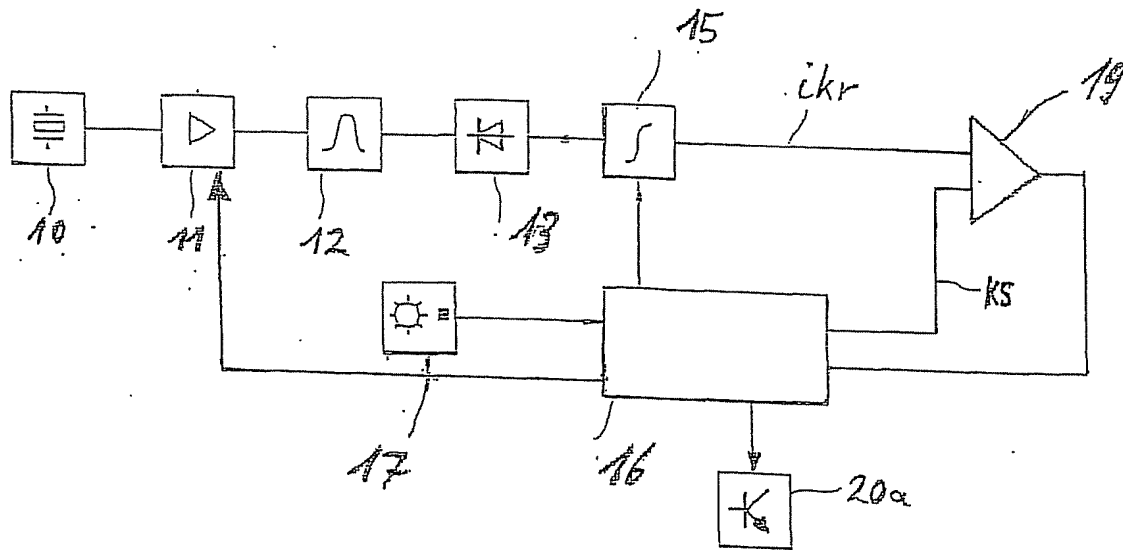


Fig 3